

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Шаляпина Лилия Владимировна

**СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАНДИДАТОВ В
ГАЛАКТИКИ С ПОЛЯРНЫМИ КОЛЬЦАМИ**

Специальность 01.03.02 — астрофизика и радиоастрономия



Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Санкт - Петербург - 2003

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном университете

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук, доцент
Яковлева Валерия Александровна

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук, профессор
Гнедин Юрий Николаевич

кандидат физико-математических наук
Макаров Дмитрий Игоревич

Ведущая организация: Государственный астрономический институт
им. П.К. Штернберга, Москва

Защита состоится "20" ноября 2003 г. в 15 ч. 30 м. на заседании диссертационного совета Д 212.232.15 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук при Санкт-Петербургском государственном университете по адресу: 198504, Санкт-Петербург, Старый Петергоф, Университетский пр., 28, ауд. 2143 (математико-механический факультет).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке СПбГУ.

Автореферат разослан "17.10" 2003 г.



01133

Ученый секретарь
диссертационного совета

Орлов В.В.



Общая характеристика работы

Актуальность проблемы

К началу 80-х годов прошлого столетия стало ясно, что галактики нельзя рассматривать как изолированные системы. Гравитационное взаимодействие между галактиками играет существенную роль в их эволюции. Наблюдательными проявлениями взаимодействия являются: асимметрия распределения поверхностной яркости (хвосты, перемиčky, искривленные диски и т.д.); некруговые движения газа и звезд; подсистемы газа, вращающиеся под разными углами к плоскости диска; пекулярные показатели цвета, свидетельствующие о вспышках звездообразования. Изучение галактик с разными типами пекулярности дает сведения о характере взаимодействия и эволюции галактических систем.

Среди взаимодействующих систем особое место занимают галактики с полярными кольцами (ГПК). Это динамически пекулярные системы, в которых существуют кольцо или диск, состоящие из газа, пыли и звезд, и вращающиеся в плоскости примерно ортогональной (полярной) к основному диску галактики. Образование таких объектов связывают с взаимодействием между галактиками или даже с их слиянием. Такое предположение подтверждается результатами численного моделирования (Бекки, 1997; Решетников и Сотникова, 1997; Бурно и Комб, 2003).

Каталог "Галактик с полярными кольцами, кандидатов в ГПК и сходных с ними объектов" был опубликован Уайтмором и др. (1990). Он включает 157 объектов, разделенных на четыре группы. Группа А - "кинематически подтвержденных ГПК" - содержала всего 6 галактик. Признаки, по которым галактики были включены в эту группу, следующие:

- наличие двух подсистем, вращающихся в примерно ортогональных плоскостях;
- близость центров компонент и их системных скоростей;
- сравнимые размеры светящегося кольца и центральной галактики.

К группе В - "уверенные кандидаты в ГПК" - отнесены галактики, у которых по морфологическим признакам можно заподозрить существование полярного кольца, однако данные о кинематике отсутствуют. В третьей группе С ("вероятных кандидатов в ГПК") находятся взаимодействующие или сливающиеся объекты, у которых на линии, совпадающей с малой осью, наблюдается светящаяся материя. Образуется ли полярное кольцо в таких системах, неизвестно. К этой же группе относятся и галактики, имеющие нормальный вид, но обладающие особенностями, которые могут быть связаны с полярным кольцом, невидимым из-за его ориентации. Последняя группа D - это "системы, вероятно относящиеся к ГПК", сюда включены галактики с равными особенностями.

Публикация каталога стимулировала изучение этих весьма необычных объектов. В результате число кинематически подтвержденных ГПК возросло примерно в два - три раза (по разным критериям); о некоторых галактиках было высказано предположение, что полярные кольца у них только формируются (Решетников и др., 1996), обнаружили*объекты ошибочно включенные в каталог ГПК (Каратаева и др., 2000). Новые наблюдательные данные как в

оптическом и ИК диапазонах (см., например, цикл работ Решетников и др. 1993-1996; Решетников и Комб, 1994; Иодис и др., 2002, 2003), так и в радио (например, Рихтер и др., 1994; ван Дриэл и др., 2000, 2002; Галлета и др., 1997) позволили уточнить основные характеристики этих объектов. Например, первоначально считалось, что центральной галактикой является галактика типа S0 или E. Однако позднее полярные кольца были обнаружены и у спиральных галактик (NGC 660, ван Дриэл и др., 1995). Структура полярных колец оказалась весьма разнообразна. В некоторых случаях наблюдается действительно кольцо, например, A 0136-0801, или система колец (NGC 2685), иногда скорее диск и часто искривленный (например, NGC 4650A, NGC 660), причем размеры диска-кольца меняются в широких пределах (от 1 кпк до 20 кпк). Статистические данные о ГПК опубликованы в работах Решетникова и Сотниковой (1997), Иодис и др. (2002a, 2002b, 2002c, 2003).

Уникальная геометрия ГПК позволяет получить информацию о 3-х мерном потенциале центральной галактики и о темном гало (Дубинский и др., 1996, 1999; Комб и Арнабольди, 1996; Иодис и др., 2003).

Несмотря на то что к настоящему времени накоплен большой наблюдательный материал о ГПК, многие вопросы, связанные с возникновением, стабильностью, возрастом полярных колец, остаются дискуссионными. Для решения этих и целого ряда других задач необходимы новые, более полные и точные данные о кинематике звездных и газовых компонент, о свойствах звездного населения и межзвездной среды, о процессах звездообразования. В оптическом диапазоне данные о движении газа и звезд для этих объектов обычно получают с помощью спектрографов с длинной щелью. Результаты подобных наблюдений не всегда интерпретируются однозначно, особенно в случае сложных многокомпонентных систем. Иногда может возникнуть иллюзия наличия контрвращения в центральной области галактики (например, UGC 5600, Решетников и Комб, 1994). Значительно большую информацию дает анализ поля скоростей. В радио диапазоне поля скоростей строят по наблюдениям нейтрального и молекулярного водорода, а в оптическом - используются методы панорамной спектроскопии. 2В-спектроскопия дает возможность наиболее детально изучать особенности движений газовой и звездной подсистем в галактиках и получать данные на качественно новом уровне. Однако для ГПК и сходных с ними объектов таких данных пока еще очень мало. По нейтральному водороду поля скоростей построены лишь для нескольких самых известных галактик, таких как NGC 4650A (Арнабольди и др., 1997), NGC 2685 (Шейн, 1980) и некоторых других. В оптическом диапазоне поля скоростей получены только для центральных областей двух галактик NGC 2685 и IC 1689 (Сильченко, 1998).

Для изучения свойств ГПК весьма актуальным является получение новых, наиболее полных данных о кинематике газовой и звездной составляющих.

Цели и задачи исследования

Основной задачей нашего исследования было получение новых наблюдательных данных для некоторых кандидатов в ГПК методами 1-D и 2-D спектроскопии. Цель работы состояла в том, чтобы подтвердить или опровергнуть принадлежность этих объектов к классу ГПК, а в случае наличия спутника/компаньона проанализировать его влияние на образование полярного кольца/диска. Допол-

нительной задачей являлось изучение физических условий в областях формирования эмиссионных линий и анализ химического состава звездного населения исследуемых объектов.

Научная новизна

Для 4-х кандидатов в ГПК получены принципиально новые наблюдательные данные методами панорамной спектроскопии, которые позволили детально изучить кинематику и морфологию газовой и звездной составляющих. Подобное комплексное спектральное исследование галактик с полярными кольцами проводится *впервые*.

Для двойных систем UGC 5600/09, NGC 7468, NGC 6285/86 *впервые* построены крупномасштабные поля скоростей ионизованного газа.

Поданным MPFS для центральных областей четырех исследуемых галактик *впервые* получены поля скоростей звездных компонент, что позволило сопоставить их кинематику с кинематикой газовых составляющих.

Впервые было показано, что:

- у галактики UGC 5600 наблюдается сильное искривление газового диска, которое могло возникнуть в результате взаимодействия с галактикой компаньоном;
- NGC 7468 является галактикой с внутренним полярным диском;
- из центральной области галактики NGC 6286 происходит биполярное истечение газа (сверхветер);
- UGC 4892 представляет собой пару взаимодействующих галактик.

Научная и практическая ценность работы

Поля скоростей звездных и газовых составляющих, полученные в работе, важны для численного моделирования подобных систем, так как накладывают существенные ограничения на выбор начальных условий.

Поскольку число кинематически подтвержденных ГПК мало, то обнаружение новых галактик этого типа представляет большой интерес. Нами было доказано существование внутреннего полярного кольца у UGC 5600 и обнаружена еще одна галактика (NGC 7468) с внутренним полярным диском.

На основании сопоставления данных, полученных с длиннощелевым спектрографом и панорамными приборами, была показана важность панорамной спектроскопии для однозначной интерпретации наблюдательных данных в случае сложных многокомпонентных систем, например, таких, как NGC 6285/86.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Результаты детального спектрального исследования 2-х кандидатов в ГПК UGC 5600 и NGC 7468, на основании которых был сделан вывод о наличии внутреннего полярного кольца/диска у этих объектов и заключение о том, что эти объекты принадлежат к ГПК.
2. Результаты спектрального исследования галактики UGC 4892 и вывод о том, что наблюдается картина сильного взаимодействия между двумя галактиками (яркие конденсации представляют собой их ядра), вращающиеся в перпендикулярных направлениях по отношению друг к другу.
3. Результаты спектрального исследования NGC 6286 и заключение об обнаружении биполярного истечения газа типа сверхветра из центральной области этой галактики.

Основные результаты опубликованы в следующих работах:

1. V.A. Yakovleva, V.A. Hagen-Thorn, G.M. Karataeva and L.V. Shal'japina, *"Photometric and spectral investigation of candidates for polar-ring galaxies"*, *Astron. and Astrophys. Trans.*, Vol. 20, pp. 119 - 122, 2001
2. Л.В. Шаляпина, А.В. Моисеев, В.А. Яковлева, *"Спектральное исследование некулярной галактики UGC5600"*, Письма в Астрон. журн., том 28, стр. 505 - 515, 2002
3. Chaliapina, L.V., Burenkov, A. N. Moiseev, A. V., Yakovleva, V. A. *"Observational research of the candidate for the Polar Ring Galaxy"*, *"Galaxy evolution"*, Mexico 2002, RevMexAA, v.17, p.104
4. Гаген-Торн В.А., Шаляпина Л.В., Каратаева Г.М., Яковлева В.А. *"Наблюдательное исследование UGC4892 - кандидата в галактики с полярным кольцом"*, Письма в Астрон. журн., том 29, стр. 133 - 143, 2003
5. Shaliapina, L.V., Moiseev, A. V., Yakovleva, V. A. Hagen-Thorn V.A., Burenkov A. N. *"Galaxy NGC 6286: forming polar ring or large-scale superwind"*, *"JENAM 2003"*, Book of abstracts, p.47, Budapest, 2003

Личный вклад автора

Инициатива исследования кандидатов в галактики с полярными кольцами методами 2П-спектроскопии принадлежит автору. Основная часть наблюдений и обработка данных, полученных с использованием длиннощелевого спектрографа и MPFS, выполнены автором. Обработка данных, полученных со сканирующим интерферометром Фабри-Перо выполнена совместно с А.В. Моисеевым. В работе 1 вклад всех соавторов одинаков. В остальных работах вклад всех соавторов в обсуждение результатов равнозначен.

Апробация результатов

Результаты работы были представлены на следующих всероссийских и международных конференциях:

- "Современные проблемы внегалактической астрономии", Пушкино, 2000 г., 2001 г.
- Joint European and National Astronomical Meeting (JENAM), Москва, 2000 г.
- "Всероссийская астрономическая конференция" (БАК-2001), С.-Петербург, 2001 г.
- "Galaxy evolution, theory and observations", Мексика, 2002 г.
- Joint European and National Astronomical Meeting (JENAM), Будапешт, 2003 г.

А также на международных летних школах: "Nord-Baltic Research School in Astrophysics", Литва, 1999 г., Латвия, 2001 г.

Содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из Введения, пяти глав и Заключения. Список цитируемой литературы содержит 91 наименование. Общий объем диссертации составляет 124 страницы.

Во **Введении** обосновывается актуальность работы, цели и задачи проводимого исследования. Описывается новизна подхода к изучению ГПК, обсуждается научная и практическая значимость диссертации. Сформулированы положения, выносимые на защиту, приводится список работ, в которых опубликованы результаты данного исследования. Указан личный вклад автора и апробация результатов.

В **первой главе** описана спектральная аппаратура, использовавшаяся при наблюдениях: длиннотеловой (UAGS) и мультиспектральный (MPFS) спектрографы, интерферометр Фабри-Перо (IFP). Приводятся методы обработки данных, полученных с их помощью, и разные подходы к анализу получаемых результатов, а именно: построение кривой вращения по данным UAGS, анализ полей скоростей методом "наклонных колец", получение химических индексов металлов в Ликской системе индексов (разделы 1.2 и 1.3).

Вторая глава посвящена спектральному исследованию кандидата в ГПК UGC 5600. Результаты наблюдений с использованием UAGS описаны в подпункте 2.2. Кривые лучевых скоростей показали наличие нескольких кинематических подсистем у галактики.

По результатам наблюдений на MPFS получены распределения яркости в континууме и в эмиссионных линиях в двух спектральных диапазонах, построены поля скоростей газовой и звездной компонент в центральной области галактики. Крупномасштабные поля скоростей, распределения яркости в континууме и в линии H_{α} как для UGC 5600, так и для галактики компаньона UGC 5609 построены по данным IFP.

В п.2.2.2 описана морфология обеих галактик и представлены результаты Фурье-анализа распределения яркости в полосе R для UGC 5600. Оказалось,

что для нее значимой является вторая гармоника и наиболее регулярная структура получается при $PA = -20^\circ$ и $i = 25^\circ$, где PA - положение большой оси внешней структуры галактики. Распределение яркости в континууме показало, что главное тело галактики окружено протяженной внешней оболочкой округлой формы, имеющей более клочковатую структуру со стороны, обращенной к компаньону. В околядерной ($\sim 2''$) области галактики наблюдаются искаженные формы изофот континуума. Светящийся газ у этого объекта прослеживается примерно до тех же границ, что и внешняя изофота в континууме, но структура внешнего газового диска более сложная и содержит многочисленные конденсации разной яркости и размеров. Особенно яркие конденсации размером до $5''$ (1 кпк) расположены в южной части галактики, некоторые из них образуют цепочки. Скорее всего это звездные комплексы или гигантские НИ - области. У UGC 5609 обнаружено широкое внешнее кольцо, состоящее из областей НИ и гигантских звездных комплексов.

Анализ движения звездной и газовой составляющих для UGC 5600 и для газовой компоненты UGC 5609 проведен в пп.2.2.3, 2.2.4. В центральной области галактики $\sim 2''$ обнаружены некруговые движения звезд. Это позволяет заподозрить существование минибара, который мог сформироваться вследствие близкого прохождения спутника. Наше исследование показало, что у UGC 5600 существуют две кинематические подсистемы: одна связана с диском галактики, и вторая - с внутренним кольцом. Угол между плоскостями диска и кольца оказался порядка $78^\circ \pm 5^\circ$, то есть внутреннее кольцо является полярным. Это служит доказательством принадлежности галактики UGC 5600 к классу ГПК. Кроме внутреннего полярного кольца у UGC 5600 наблюдается сильное искривление газового диска ($\Delta PA = 60^\circ$, $\Delta i \approx 30^\circ$), которое могло возникнуть в результате взаимодействия с галактикой-компаньоном UGC 5609. В то же время у UGC 5609 (пп.2.2.4) установлено несовпадение фотометрического и динамического центров, а также наличие широкого внешнего кольца, что позволяет отнести этот объект к классу столкновительных галактик. Для обеих галактик пары построены кривые вращения и оценены их массы ($1.2 \times 10^{10} M_\odot$, $1 \times 10^{10} M_\odot$).

Для UGC 5600 получены данные о радиальных изменениях индексов Mgb и $\langle Fe \rangle$ и выполнен анализ физических условий в областях формирования эмиссионных линий (пп.2.2.5). Из соотношения интенсивности запрещенных и разрешенных линий установлено, что эмиссия возникает в НИ-областях, и найдена оценка металличности. Она оказалась близкой к солнечной, что исключает карликовую галактику в качестве донора при формировании полярного кольца. Близкая оценка металличности получена по индексам и для звезд. По измеренным потокам в линии H_α получены оценки темпа звездообразования в каждой из галактик: $SFR \approx 4 M_\odot/\text{год}$ - UGC 5600, $SFR \approx 1.5 M_\odot/\text{год}$ - UGC 5609. Вспышка звездообразования UGC 5600 связана с центральной областью (ядро и внутреннее кольцо), а у UGC 5609 с внешним кольцом.

В третьей главе проводилось изучение вероятного кандидата в ГПК NGC 7468. Для нее были получены длиннощелевые спектры при пяти положениях щели спектрографа, с использованием MPFS получены данные для центральной области галактики в "зеленом" спектральном диапазоне и с помощью IFR в линии H_α по всей галактике.

Кривые лучевых скоростей (п.3.2) позволили обнаружить кинематически выделенную подсистему газа в центральной области галактики. Предваритель-

пые оценки положения динамической оси выделенной газовой подсистемы и ее размер оказались следующими: позиционный угол кинематической оси, по-видимому, близок к 105° , а размер составляет $\sim 6''$ (1 кпк). При $R \geq 10''$ кривые лучевых скоростей демонстрируют вращение газового диска галактики вокруг малой оси, причем положения фотометрической оси на периферии и кинематической оси совпадают и близки к $PA = 5^\circ$.

Анализ полученных по данным панорамной спектроскопии распределения яркости (п.3.3) и кинематики ГАЗОВОЙ составляющей (п.3.4) показал, что у NGC 7468 существуют две кинематические подсистемы: первая связана с диском галактики, и вторая связана с внутренним газовым диском, вращающимся вокруг большой оси галактики. Угол между плоскостями диска галактики и внутреннего диска оказался порядка $85^\circ \pm 5^\circ$, то есть внутренний диск является полярным. На основании этого NGC 7468 может быть отнесена к классу ГПК. Дугообразная структура, отмечаемая на прямых снимках и послужившая причиной включения галактики в каталог ГПК, не является полярным кольцом. Была построена кривая вращения галактики и оценена полная ее масса, которая оказалась равной $8 \sim 10^{10} M_\odot$.

Из соотношения интенсивности запрещенных и разрешенных линий установлено, что эмиссия возникает в НИ-областях, и найдена оценка металличности, причем в области полярного диска газ имеет наименьшую металличность (п.3.5). По данных MPFS были получены значения химических индексов Mgb , $< Fe >$. •

В разделе 3.6 обсуждается возможность образования внутреннего полярного диска NGC 7468. Сделано заключение, что в процессе эволюции галактики NGC 7468 произошло, по крайней мере, два события, в результате которых центральная область галактики была обогащена газом. Центральное столкновение с карликовой галактикой привело к образованию внутреннего полярного диска и индуцировало вспышку звездообразования, а прохождение галактики - спутника вызвало возмущение и усиление темпа звездообразования во внешних областях (цепочки НИ - областей с северной и южной сторон). Тесное сближение этих галактик привело к частичному разрушению галактики-спутника.

В четвертой главе изучается кинематика газа и звезд галактики UGC 4892, которая принадлежит группе объектов, сходных с ГПК. Для нее были проведены наблюдения с помощью длиннощелевого спектрографа и MPFS. По полученным данным были построены кривая лучевых скоростей вдоль большой оси предполагаемого кольца, поля скоростей газовой и звездной составляющей и распределение яркости в линиях H_n , $[NII]$ и континууме. По абсорбционным линиям найдена лучевая скорость галактики 7708 км/с и оценена масса $\sim 1.7 \times 10^{10} M_\odot$, заключенная в радиусе $8''$ (4.6 кпк). В разделе 4.3 обсуждаются наблюдаемые особенности в кинематике этого объекта. С учетом данных о кинематике звездного компонента сделано заключение, что яркие конденсации в центральной области галактики, выделенные по фотометрическим данным, представляют собой ядра двух галактик, вращающихся в перпендикулярных направлениях по отношению друг к другу. Юго-западная конденсация скорее всего является ядром богатой газом маломассивной галактики-спутника. Данные, полученные о газовой составляющей, показывают, что подсистема газа, вращающаяся вокруг большой оси главной галактики, "обдирается" с галактики-спутника и отражает направление его орбитального движения.

Вопрос принадлежности вероятного кандидата в ГПК NGC 6286 к галактикам с полярными кольцами рассматривается в пятой главе. Для нее был накоплен большой наблюдательный материал, что позволило наиболее полно провести исследование объекта. Анализ длиннощелевых данных (п.5.2) выявил ряд особенностей в распределении лучевых скоростей при различных положениях щели. Было обнаружено, что эмиссионные линии в плоскости перпендикулярной плоскости диска галактики наблюдаются на большом протяжении. В этих областях было найдено увеличение потока в запрещенных линиях по отношению к потоку в разрешенных.

Поля скоростей центральной области NGC6286, полученные с MPFS (п.5.3), свидетельствуют об одинаковом вращении звездного и газового дисков. Радиальные распределения индексов Mgb достигают максимальных величин на расстоянии $\sim 5'' \div 6''$ от фотометрического центра, что является косвенным подтверждением того, что ядро галактики (где металличность должна быть выше, а возраст меньше) не совпадает с фотометрическим центром. Поскольку магний возникает при вспышках сверхновых II-типа, то наблюдаемое переобогащение магнием свидетельствует о короткой вспышке звездообразования в ядре.

Морфология и кинематика светящегося газа галактик NGC 6286 и NGC 6285 описана в п.5.4. Рассмотрение крупномасштабных распределений яркости в континууме, линиях H_{α} и [NII] и распределение отношения $I([NII])/I(H_{\alpha})$ для NGC 6286 показало существование простирающейся до расстояния ~ 9 кпк от плоскости галактики эмиссионной туманности, форма которой соответствует биполярному истечению горячего газа, и существенное увеличение отношения интенсивности линий $[NII]\lambda 6583/H_{\alpha}$ до ~ 2 , характерное для галактик со сверхветром. Анализ полей скоростей показал, что при исследовании кинематики газовой составляющей галактики не обнаружено признаков вращения газа вокруг большой оси (т.е. в плоскости, ортогональной к основному диску) и, следовательно, NGC 6286 не является галактикой с формирующимся полярным кольцом, как это предполагалось ранее. Построенная кривая вращения демонстрирует быстрый рост до $R \sim 5$ кпк, который затем замедляется, и на расстоянии $R \sim 8$ кпк достигается скорость $V = 240$ км/с, что дает оценку массы в пределах этого радиуса $1.1 \times 10^{11} M_{\odot}$. Полная масса галактики с учетом гало оказывается равной $2 \times 10^{11} M_{\odot}$. Совместное использование как длиннощелевой, так и панорамной спектроскопии позволило подтвердить надежность результатов, полученных с помощью IFP, и показало, что по длиннощелевым спектрам нужно с большой осторожностью делать выводы о типе движений ионизованного газа.

У галактики-компаньона по распределению яркости в эмиссионных линиях выделены следующие структуры: газовый диск, мощная эмиссия в ядре и яркая НП-область на расстоянии $\sim 7''$ к W от ядра. Ядро и НН-область лежат на противоположных сторонах кольцеобразной структуры (диаметром $7''$), хорошо заметной на изображениях в H_{α} и [NII]. SE сторона газового диска вытянута и изогнута в направлении к соседней галактике. Поле скоростей NGC 6285 в целом характерно для наклонного газового диска, в центральной части вращающегося твердотельно. Однако и в центре, и на периферии, особенно в SE-части галактики, наблюдаются искажения изовел. Полученные данные приближались модели вращающегося газа по круговым орбитам при следующих параметрах: величина гелиоцентрической лучевой скорости динамического центра

равна 5670 км/с ($V_{gal}^{sys} = 5905 \text{ км/с}$), угол наклона плоскости диска к картинной плоскости $\hat{z} \sim 60^\circ$. Максимальная скорость достигается на расстоянии ~ 2 кпк и равна 180 км/с . Масса, заключенная в радиусе 2 кпк, составляет $10^{10} M_\odot$.

Пункт 5.5 посвящен обсуждению характера взаимодействия между галактиками пары и интерпретации полученных результатов. На основании всей совокупности наблюдательных данных сделано заключение, что особенности галактики NGC 6286 связаны с наличием свехветра, истекающего из ее центральной области.

В **Заключении** сформулированы основные результаты диссертации.

Список литературы

- [1] Арнабольди и др. (M. Arnaboldi, T. Oosterloo, F. Combes, K.C. Freeman, B. Koribalski), *Astron. Astrophys.*, **113**, p.585, (1997)
- [2] Бекки (K. Bekki), *Astrophys. J.*, **499**, p.635, (1998)
- [3] Бурно и Комб (F. Bournaud, F. Combes), *Astron. Astrophys.*, **401**, p.817, (2003)
- [4] Ван Дриэль и др., (W. van Driel, M. Arnaboldi, F. Combes, L. Sparke) *Astron. Astrophys.*, **141**, p.385, (2000)
- [5] ван Дриель и др. (van Driel W., Arnaboldi M., Combes F., Sparke L.S.) *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **50**, p.138, (2002)
- [6] Галлета и др. (G. Galleta, L. Sage, L. Sparke), *MNRAS*, **284**, p.883, (1997)
- [7] Дубинский и др. (J. Dubinski, J. Christopher Mihos, Lars Hernquist), *Astrophys. J.*, **462**, p.576, (1996)
- [8] Дубинский и др. (J. Dubinski, J. Christopher Mihos, Lars Hernquist), *Astrophys. J.*, **526**, p.607, (1999)
- [9] Иодис и др., (Iodice, B.; Arnaboldi, M.; Sparke, L. S.; Gallagher, J. S.; Freeman, K. C.), *Astron. Astrophys.*, **391**, p.103, (2002a)
- [10] Иодис и др., (E. Iodice, M. Arnaboldi, L. S. Sparke, J. S. Gallagher, K. C. Freeman), *Astron. Astrophys.*, **391**, p.117, (2002b)
- [11] Иодис и др., (E. Iodice, M. Arnaboldi, G. De Lucia, J. S. Gallagher, L. S. Sparke, K. C. Freeman), *AJ*, **123**, p.195, (2002c)
- [12] Иодис и др., (E. Iodice, M. Arnaboldi, F. Bournaud, F. Combes, L. S. Sparke, W. van Driel, M. Capaccioli), *Astrophys. Journal*, **585**, p.730, (2003)
- [13] IRAS (Catalogs and Atlases, Point Source Catalog), US Government Printing Office, Washington DC (1989)
- [14] Г.М.Каратаева, В.А.Гаген-Торн, В.А.Яковлева Письма в АЖ т.26, N12, с.883, (2000)
- [15] Комб и Арнабольди, (F. Combes, M. Arnaboldi), *Astron. Astrophys.*, **305**, p.763, (1996)

- [16] V.P.Reshetnikov, V.A. Hagen-Thorn, V.A. Yakovleva, Astron. Astrophys., 278, p-351, (1993)
 Astron. Astrophys.290, p.693, (1994)
 Astron. Astrophys.303, p.398, (1995)
 Astron. Astrophys.314, p.729, (1996)
- [17] Решетников и Комб, (V.P. Reshetnikov, F. Combes), Astroii. Astrophys., 291, p.57, (1994)
- [18] Решетников и Сотникова (V. Reshetnikov, N. Sotnikova), Astron. Astrophys., 325, p.933, (1997)
- [19] Рихтер и др., (O.R.Richter, P.D.Sackett, L.S.Sparke) Astron. J., 107, p.99, (1994)
- [20] Сильченко О.К (O.K.Sil'chenko), Astron. Astrophys., 330, p.412, (1998)
- [21] Шейн (W. W. Shane), Astron. Astrophys., 82, p.314, (1980)